

# METHOD FOR DRY DESULFURIZATION OF WASTE GAS

Publication number: RU2154519 (C2)

Publication date: 2000-08-20

Inventor(s): KHANS BAJSSVINGER [DE]; BERNKHARD TENE [DE]; VOLFRAM KLEE [DE] +

Applicant(s): METALLGEZELL SHAFT AKTIEGEZE [DE] +

Classification:






- international: B01D53/34; B01D53/50; B01D53/68; B01D53/83; B03C3/013; B03C3/014; C01B17/60; B01D53/34; B01D53/50; B01D53/68; B01D53/83; B03C3/00; C01B17/00; (IPC1-7): B01D53/34; C01B17/60

- European: B01D53/50D; B01D53/68D; B01D53/83; B03C3/013; B03C3/014

Application number: RU19970120748 19960502

Priority number(s): DE19951017863 19950516

Also published as:

 DE19517863 (A1)  
 ZA9603909 (A)  
 US5993765 (A)  
 SI9620065 (A)  
 SI9620065 (B)

more >>

## Abstract of RU 2154519 (C2)

gas treatment. SUBSTANCE: waste gas releasing in combustion chamber and contaminated with fly ash, harmful gaseous substances, and returned solid particles is partly dedusted in the first solid particles separator and introduced into fluidized-bed reactor after addition of at least one absorption reagent (calcium oxidation and/or hydroxide). Temperature in reactor is controlled within a range of 50 to 90 C by addition of water. Waste gas containing solid substances is discharged from fluidized-bed reactor and fed into the second solid particles separator, first part of solids separated in the latter being returned into reactor and the second part returned into cooled zone of combustion chamber. Solids separated in the first separator are discarded through pipeline from the cycle. EFFECT: reduced expenses due to use of more accessible absorption material. 6 cl, 1 dwg

\*\*\*\*\*  
Data supplied from the **espacenet** database — Worldwide



(19) RU (11) 2 154 519 (13) C2  
(51) МПК<sup>7</sup> В 01 D 53/34, С 01 В 17/60

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

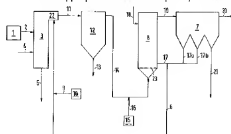
- (21), (22) Заявка 97120748/12, 02.05.1996  
(24) Дата начала действия патента: 02.05.1996  
(30) Приоритет: 16.05.1995 DE 19 517 863.7  
(46) Дата публикации: 20.08.2000  
(56) Ссылки: DE 4104180 C1, 17.06.1992; SU 1679969 A3, 23.09.1991; SU 1803174 A1, 23.03.1993; DE 3526008 A1, 22.01.1987; DE 3235588 A1, 29.03.1984; EP 0129273 A, 27.12.1984; EP 0301272 A, 01.02.1989; WO 86/03425 A1, 19.06.1986.  
(85) Дата перевода заявки РСТ на национальную фазу: 16.12.1997  
(86) Заявка РСТ: EP 96/01808 (02.05.1996)  
(87) Публикация РСТ: WO 96/36421 (21.11.1996)  
(98) Адрес для переписки: 129010, Москва, ул. Большая Славская 25, стр.3, ООО "Гордосский и Партнеры", Томской Е.В.

- (71) Заявитель:  
МЕТАЛЛГЕЗЕЛЛЬШАФТ  
АКЦИЕНГЕЗЕЛЛЬШАФТ (DE)  
(72) Изобретатель: Ханс БАЙССВЕНГЕР (DE),  
Бернхард ТЕНЕ (DE), Вольфрам КЛЕЕ (DE)  
(73) Патентообладатель:  
МЕТАЛЛГЕЗЕЛЛЬШАФТ  
АКЦИЕНГЕЗЕЛЛЬШАФТ (DE)

(54) СПОСОБ СУХОГО ОБЕССЕРИВАНИЯ ОТРАБОТАВШЕГО ГАЗА

- (57)  
Изобретение относится к способу сухого обессеривания отработавшего газа, при котором отработавший газ, выделяющийся в камере сгорания и загрязненный летучей золой, вредными газообразными веществами и возвращаемыми частицами твердого вещества, частично обессеривают в первом отделителе твердых веществ, затем отработавший газ направляют в реактор с псевдоожиженным слоем, причем к отработавшему газу подают, по меньшей мере, одно абсорбционное средство  $\text{CaO}$  и/или  $\text{Ca(OH)}_2$  и в реакторе с псевдоожиженным слоем путем добавления воды устанавливают температуру 50 - 90°C, затем отработавший газ, содержащий твердые вещества, отводит из реактора с псевдоожиженным слоем и направляют во второй отделитель твердых веществ, при этом первую часть твердых веществ, отделенных во втором отделителе,

направляют в реактор с псевдоожиженным слоем, а вторую часть твердых веществ, отделенных во втором отделителе, возвращают в охлажденную зону камеры сгорания и по трубопроводу удаляют из цикла твердые вещества, отделенные в первом отделителе. Разработка данного изобретения позволяет использовать более доступное абсорбционное средство, которое исключает нежелательные пригары в установке для очистки отходящего газа. 5 з.п. ф-лы, 1 ил.



RU 2 154 519 C2

RU 2 154 519 C2



RUSSIAN AGENCY  
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(19) **RU** (11) **2 154 519** (13) **C2**  
(51) Int. Cl. 7 **B 01 D 53/34, C 01 B 17/60**

## (12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: 97120748/12, 02.05.1996  
(24) Effective date for property rights: 02.05.1996  
(30) Priority: 16.05.1995 DE 19 517 863.7  
(46) Date of publication: 20.08.2000  
(85) Commencement of national phase: 16.12.1997  
(86) PCT application: EP 96/01808 (02.05.1996)  
(87) PCT publication: WO 96/36421 (21.11.1996)  
(98) Mail address: 129010, Moskva, ul. Bol'shaja Spasskaja 25, str.3, OOO "Gorodisskij i Partnery", Tomskoj E.V.

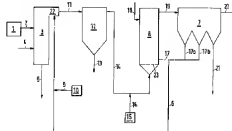
(71) Applicant: METALLGEZELL'SHAFT AKTIELNGEZELL'SHAFT (DE)  
(72) Inventor: Khans BAJSSVENGER (DE), Bernikhard TENE (DE), Vol'fram KLEE (DE)  
(73) Proprietor: METALLGEZELL'SHAFT AKTIELNGEZELL'SHAFT (DE)

## (54) METHOD FOR DRY DESULFURIZATION OF WASTE GAS

(57) Abstract:

FIELD: gas treatment. SUBSTANCE: waste gas releasing in combustion chamber and contaminated with fly ash, harmful gaseous substances, and returned solid particles is partly dedusted in the first solid particles separator and introduced into fluidized-bed reactor after addition of at least one absorption reagent (calcium oxidation and/or hydroxide). Temperature in reactor is controlled within a range of 50 to 90 °C by addition of water. Waste gas containing solid substances is discharged from fluidized-bed reactor and fed into the second solid particles separator, first part of solids separated in the latter being returned into reactor and the second part

returned into cooled zone of combustion chamber. Solids separated in the first separator are discarded through pipeline from the cycle. EFFECT: reduced expenses due to use of more accessible absorption material. 6 cl, 1 dwg



RU 2 154 519 C2

RU 2 154 519 C2

Изобретение относится к способу сухого обесоривания отработавшего газа, при котором обесоривают отработавший газ, выделяющийся в камере сгорания и загрязненный летучей золой, а также газообразными вредными веществами, при котором обесориванный отработавший газ охлаждают водой до температуры от 50 до 90 °С, смешивают с абсорбционным средством, состоящим из CaO и/или Ca(OH)<sub>2</sub>, а также подводят в состоящий из реактора с псевдоожиженным слоем отделителя и возвратного трубопровода циркулирующий псевдоожиженный слой, при котором твердые частицы из отделителя частично вводят в реактор с псевдоожиженным слоем, а частично - в зону камеры сгорания, имеющую температуру от 850 до 1050 °С. Способ применяется для обесоривания газообразных отходов, которые выделяются при сгорании твердых и жидких горючих веществ, в частности угля и нефти, а также при сжигании мусора и отходов шламов.

Из DE-PS 4104180 известен способ сухого обесоривания отработавших газов котельной установки путем добавки сорбентов, содержащих известь, при котором грубо размоловую известь (CaCO<sub>3</sub>) со средней зернистостью, равной 200 мкм, вводят в зону котельной установки, в которой отработавшие газы имеют температуру от 800 до 900 °С, при котором отработавшие газы после теплотехнического использования и разделения на фракции обесоривают в первом электростатическом пылеотделителе, после чего образовавшуюся грубозернистую часть подвергают размолу до средней зернистости от 5 до 10 мкм и выделывшуюся часть, имеющую среднюю зернистость, и тонкозернистую часть выводят из системы, в которой часть, размоловую до 5 - 10 мкм, подводят вместе с водой и отработавшими газами в циркулирующий псевдоожиженный слой, состоящий из реактора с псевдоожиженным слоем, сепаратора и возвратного трубопровода, и при котором отходящие газы наконец обесоривают во втором электростатическом пылеотделителе и выпускают в окружающую среду, а выделывшиеся остатки, содержащие CaSO<sub>3</sub> и CaSO<sub>4</sub>, возвращают частично в реактор с псевдоожиженным слоем, а частично - в котельную установку. При этом известным способом обесоривание осуществляют в первом электростатическом пылеотделителе, включенном после котла при 90 - 160 °С, и в циркулирующем псевдоожиженным слое устанавливают температуру от 50 до 90 °С за счет подачи соответствующего количества воды.

Кроме того, известно, что при способе сухого обесоривания превращения абсорбционного средства посредством SO<sub>2</sub> осуществляется удовлетворительно лишь тогда, когда имеется стехиометрический избыток абсорбционного средства. Сравнительно невысокий избыток абсорбционного средства достигается, если применяется абсорбционное средство для сухого обесоривания CaO или Ca(OH)<sub>2</sub> и если абсорбционное средство является тонкозернистым и поэтому реактивным. В любом случае, в частности, в циркулирующем

псевдоожиженным слое часть CaO или Ca(OH)<sub>2</sub> теряется за счет того, что образуется карбонат кальция. Эта побочная реакция влияет отрицательно на стехиометрию реакции обесоривания, вследствие чего абсорбционное средство CaO и/или Ca(OH)<sub>2</sub> при сухом обесоривании должно вводиться еще в заслуживающем упоминания избытке; отношение SO<sub>2</sub> : Ca (х выделяющемуся SO<sub>2</sub>) лежит, практически, выше 1 : 1,3. Дополнительно к этому в процессе сухого обесоривания возникают нарушения в работе за счет того, что в результате реакции HCl, содержащейся в отработавшем газе, с абсорбционным средством образуется гидрохлоридный CaCl<sub>2</sub>, являющийся причиной возникновения нежелательных пригаров и налипания в установке для очистки отходящего газа.

Поэтому в основу изобретения положена задача создать способ сухого обесоривания, который надежно работает при отношении SO<sub>2</sub> : Ca (х выделяющемуся SO<sub>2</sub>) меньше, чем 1 : 1,2, и абсорбционное средство делает реакцию обесоривания значительно доступнее, а также исключает нежелательные пригары и налипания в установке для очистки отходящего газа, в частности, в циркулирующем псевдоожиженном слое. Возникающий твердый продукт способа должен содержать минимально возможные количества CaSO<sub>3</sub> и CaCO<sub>3</sub>, а также достаточное количество CaCO и безводного CaSO<sub>4</sub>.

Поставленная задача решается тем, что в способе сухого обесоривания отработавшего газа, при котором отработавший газ, выделяющийся в камере сгорания и загрязненный летучей золой, вредными газообразными веществами и возвращенными частицами твердого вещества, частично обесоривают в первом отделителе твердых веществ, затем отработавший газ направляют в реактор с псевдоожиженным слоем, причем к отработавшему газу подают, по меньшей мере, одно абсорбционное средство CaO и/или Ca(OH)<sub>2</sub> и в реакторе с псевдоожиженным слоем путем добавления воды устанавливают температуру 50-90 °С, затем отработавший газ, содержащий твердые вещества, отводят из реактора с псевдоожиженным слоем и направляют во второй отделитель твердых веществ, при этом первую часть твердых веществ, отделенных во втором отделителе, направляют в реактор с псевдоожиженным слоем, а вторую часть твердых веществ, отделенных во втором отделителе, возвращают в охлажденную зону камеры сгорания и по трубопроводу удаляют из цикла твердые вещества, отделенные в первом отделителе, согласно изобретению перед обесориванием отработавшего газа его сначала пропускают через охлажденную зону с температурой 850-1050 °С, затем отработавший газ охлаждают до более низкой температуры и охлажденный отработавший газ обесоривают при температуре в диапазоне 100-700 °С, при этом отработавший газ отводят из отделителя с содержанием твердого вещества 5-40 г/лм<sup>3</sup>.

Первый отделитель представляет собой

электрофильтр, в котором устанавливается температура 100-180°C.

Реактор с псевдоожиженным слоем имеет колонниковую решетку, при этом абсорбционное средство вводят под колонниковую решетку, возвращаемые из второго отделителя твердые вещества вводят под колонниковую решетку или над ней, а воду подают в реактор с псевдоожиженным слоем над колонниковой решеткой.

В охлажденную зону камеры сгорания вводят  $\text{CaCO}_3$ .

В качестве второго отделителя применяют электрофильтр с несколькими полями и отделаемые в последнем поле электрофильтра твердые вещества отводят из циркуляционного контура.

В качестве второго отделителя применяют рукавный фильтр, причем фильтровальный осадок имеет содержание  $\text{CaO}$  и/или  $\text{Ca(OH)}_2$  от 2 до 5 вес. %.

За счет того, что электрофильтр работает со сравнительно невысокой производительностью обеспыливания, сравнительно большое количество твердого вещества попадает в циркулирующий псевдоожиженный слой, содержащий предпочтительно  $\text{CaO}$  или  $\text{Ca(OH)}_2$ . Эта часть абсорбционного средства снова подается на реакцию обескислеривания, а то время как в электрофильтре отделяется только небольшая часть твердого вещества и отводится из циркуляционного контура в качестве твердого продукта способа. Эта часть твердого вещества состоит, по большей части, из обезвоженного  $\text{CaSO}_4$  и летучей золы, а также  $\text{CaO}$ . С помощью этого способа обеспечивается достижение отношения  $\text{SO}_2/\text{Ca}$  (к выделяемому  $\text{SO}_2$ )  $\geq 1$ : 1,2, причем в очищенном газе имеется еще содержание  $\text{SO}_2 < 50 \text{ мг/лн}^3$ . Электрофильтр имеет сравнительно небольшую потребность в электроэнергии. Продукт, отводимый из электрофильтра, при давлении воды может очень хорошо упрочниться и использоваться в качестве строительного материала.

Согласно изобретению, кроме того, предусматривается заменить электрофильтр инерционным отделителем, в котором отработавший газ, содержащий летучую золу, вредные газообразные вещества и частицы твердого вещества, возвращаемые в цикл, обеспыливаются при температуре 100 - 700 °C только до содержания твердого вещества от 5 до 40  $\text{г/лн}^3$ , и абсорбционное вещество с вредными газообразными веществами отводится вместе с летучей золой через выходящее устройство инерционного отделителя из циркуляционного контура способа. Инерционный отделитель может быть предпочтительно выполнен в виде циклона или отражательного отделителя. Кроме того, инерционный отделитель может быть расположен вне камеры сгорания или в той части камеры сгорания, температура в которой составляет от 100-700°C.

Вследствие того что инерционный отделитель имеет сравнительно невысокую производительность обеспыливания, достаточно большая часть твердого вещества попадает в циркулирующий псевдоожиженный слой, содержащий предпочтительно  $\text{CaO}$  или  $\text{Ca(OH)}_2$ . Эта

часть абсорбционного средства снова подается на реакцию обескислеривания, а то время как в инерционном отделителе отделяется лишь незначительная часть твердого вещества и отводится из циркуляционного контура способа в качестве твердого продукта способа. Эта часть твердого вещества состоит, по большей части, из обезвоженного  $\text{CaSO}_4$  и летучей золы, а также  $\text{CaO}$ . И при применении инерционного отделителя обеспечивается отношение  $\text{SO}_2/\text{Ca}$  (к осевшей  $\text{SO}_2$ )  $\geq 1$ : 1,2, причем в очищенном газе имеется еще  $\text{SO}_2$  с содержанием  $< 50 \text{ мг/лн}^3$ . Продукт, отводимый из инерционного отделителя, при давлении воды очень сильно упрочняется и может использоваться в качестве строительного материала.

Таким образом, как электрофильтр, так и инерционный отделитель спускает для выноса твердого продукта способа, не содержащего  $\text{CaSO}_3$ , и, следовательно, более не может окисляться дополнительно, так как в продукте сера представлена в связанном виде в качестве обезвоженного  $\text{CaSO}_4$ .

Выяснилось, что особенно предпочтительным является, если абсорбционное средство достигает среднего диаметра частиц  $d_{50}$  от 2 до 20 мкм. Благодаря этому достигается, что неизрасходованное абсорбционное средство в электрофильтре и в инерционном отделителе не осаждается, а снова подводится в циркулирующий псевдоожиженный слой.

Кроме того, согласно изобретению предлагается, чтобы абсорбционное средство вводилось в реактор с псевдоожиженным слоем ниже колонниковой решетки, частицы твердого вещества, возвращаемые из отделителя, - ниже или выше колонниковой решетки, а вода - выше колонниковой решетки. За счет такого выполнения способа надежно предотвращается образование пригаров, и текучесть частиц твердого вещества сохраняется в полном объеме.

Является также целесообразным, если абсорбционное средство  $\text{CaO}$  и/или  $\text{Ca(OH)}_2$  частично или полностью заменено на  $\text{CaCO}_3$ , который вводится в зону камеры сгорания, имеющую температуру от 550 до 1050 °C. Благодаря этому могут быть снижены расходы на сухое обескислеривание, так как при указанных температурах из  $\text{CaCO}_3$  возникает  $\text{CaO}$ . За счет добавления  $\text{CaCO}_3$  реактор с псевдоожиженным слоем может работать очень близко к точке росы, но не выше нее, так как при применении  $\text{CaCO}_3$  отношение  $\text{SO}_2/\text{Ca}$  (к осевшей  $\text{SO}_2$ ) может быть повышено до максимального 1:1,5, потому что цена на  $\text{CaCO}_3$  значительно ниже, чем на  $\text{CaO}$  или  $\text{Ca(OH)}_2$ , и абсорбция вредного вещества при избытке  $\text{Ca}$  улучшается.

Способ согласно изобретению как в технологическом, так и в экономическом плане работает оптимально, если 50 - 80% абсорбционного вещества заменено  $\text{CaCO}_3$ .

Кроме того, согласно изобретению предусмотрено, что в качестве отделителя для циркулирующего псевдоожиженного слоя применяется электрофильтр с несколькими полями и что твердые вещества, осаждающиеся на последнем поле

электрофильтра, отводятся из циркуляционного контура способа. За счет этого мероприятия достигается то, что несгоревшие частицы угля, не осевшие в первом электрофильтре и попавшие поэтому в циркулирующий псевдоожиженный слой, удаляются из обесоренного отработавшего газа.

Согласно изобретению, альтернативно, предлагается применить в качестве отделителя циркулирующего псевдоожиженного слоя рукавный фильтр, причем фильтровальный осадок имеет содержание  $\text{CaO}$  и/или  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  от 2 до 5авес % За счет альтернативного выполнения способа обеспечивается, что фильтровальный осадок имеет хорошую степень очистки, так как частицы пыли в фильтровальном осадке, за счет содержания  $\text{CaO}$  и/или  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  в фильтровальном осадке согласно изобретению, спекаются предпочтительным образом так, что между отдельными циклами очистки рукавного фильтра получается более длительный промежуток времени.

С помощью способа согласно изобретению может надежно достигаться высокая производительность обесоривания, если реактор с псевдоожиженным слоем работает на 5-20°C выше точки росы и если в реакторе с псевдоожиженным слоем устанавливается скорость газа от 3 до 10 м/с, среднее время обработки твердого вещества от 20 до 180 мин, а также среднее осаждение твердого вещества - от 1 до 10  $\text{кг/м}^3$ . В таких условиях проведение способа при высоких содержаниях  $\text{SO}_2$  в отходящем газе надежно соблюдается, содержание  $\text{SO}_2$  в очищенном газе < 50  $\text{мг/м}^3$ . Кроме того, надежно исключается образования пригаров и сплипаемых.

И наконец, согласно изобретению предусмотрено, что от 90 до 95% частиц твердого вещества, выделяющихся в отделителе, возвращаются в реактор с псевдоожиженным слоем, а то время как остальные частицы твердого вещества поступают в камеру сгорания. За счет этого мероприятия обеспечивается, что из  $\text{CaSO}_3$ , получаемого при реакции абсорбирующего средства с  $\text{SO}_2$ , за счет окисления в камере сгорания образуется  $\text{CaSO}_4$ . Кроме того, из  $\text{CaSO}_3$  снова получается  $\text{CaO}$ , что является полезным для реакции обесоривания.

Предмет изобретения поясняется более подробно ниже с помощью чертежа и примера выполнения. На чертеже показана схема осуществления способа.

Мелкозернистый уголь подводится из накопительного бункера 1 по трубопроводу 2 в камеру 3 сгорания и сгорает там с воздухом, подаваемым в камеру сгорания по трубопроводу 4. Камера 3 сгорания выполнена в виде котла, причем на чертеже не показан теплообменник, необходимый для регенерации тепла. Шлак, получаемый при сгорании угля, выводится из камеры 3 сгорания по трубопроводу 5. Температура сгорания составляет от 1200 до 1300 °C, поэтому шлак выделяется, по меньшей мере, частично в жидком виде. Так как в верхней части камеры 3 сгорания, выполненной в виде котла, также расположены теплообменные поверхности, там устанавливается

температура меньше, чем температура сгорания. При входе в верхнюю камеру 22 котла отходящий газ имеет температуру от 850 до 1050°C.

Отходящий газ, возникающий при сжигании угля, содержит основные составляющие  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2$  и  $\text{O}_2$ . Так как сгорание угля осуществляется при избытке кислорода, в отходящем газе  $\text{CO}$  присутствует только в виде следов. Отходящий газ загрязнен, в частности, газообразными соединениями  $\text{SO}_2$ ,  $\text{HCl}$  и  $\text{NO}$ . Из сернистых и хлористых соединений, содержащихся в угле, при сгорании образуются  $\text{SO}_2$  и  $\text{HCl}$ . Оксиды азота, обозначенные как  $\text{NO}$ , возникают при сгорании из соединений азота, содержащихся в угле, и частично за счет окисления азота, содержащегося в воздухе. Отработавший газ на каждый  $\text{Нм}^3$  содержит около 700  $\text{мг SO}_2$ , 80  $\text{мг HCl}$  и 150  $\text{мг NO}$ , последний - в пересчете на  $\text{NO}_2$ . В отходящем газе содержится, кроме того, 20  $\text{мг SO}_3$ . При сгорании в отходящем газе суспендируется часть шлака в виде пылевидной летучей золы таким образом, что отходящий газ имеет в верхней камере 22 котла содержание пылевидной летучей золы, около 10  $\text{г/Нм}^3$ . Летучая зола содержит тонкозернистый, несгоревший уголерод.

По трубопроводу 6 в верхнюю камеру 22 котла подается от 5 до 10% твердых веществ, которые выпадают на первом поля отделителя 7, выполненного в виде электрофильтра, включенного за реактором 8 с псевдоожиженным слоем. Твердое вещество, подаваемое по трубопроводу 6, состоит из летучей золы, а также из  $\text{CaSO}_3$ , окисляющегося в верхней камере 22 котла, приблизительно количественно до  $\text{CaSO}_4$ , из  $\text{CaCO}_3$ , из распадающегося в верхней камере 22 котла на  $\text{CO}_2$  и  $\text{CaO}$  из незначительного количества  $\text{CaCl}_2$ , частично распадающегося в верхней камере 22 котла, а также из неизрасходованного  $\text{CaO}$  и  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , причем  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  в верхней камере 22 котла превращается в  $\text{CaO}$ . Кроме того, в трубопровод 6 из накопительной емкости 10 по трубопроводу 9 подается  $\text{CaCO}_3$  с частицами размером около 10  $\text{мкм}$ . Эти частицы  $\text{CaCO}_3$  в верхней камере 22 котла распадаются с образованием  $\text{CaO}$ . За счет твердого вещества, поступающего по трубопроводу 6, повышается содержание твердого вещества в отработавшем газе, протекающем в верхней камере 22 котла, в общей сложности, приблизительно, до 40  $\text{г/Нм}^3$ .

От отходящего газа, загрязненного вредными газообразными веществами, а также летучей золой и частицами твердого вещества, возвращаемыми в цикл, на поверхностях теплообменников, находящихся в верхней камере 22 котла и не показанных на чертеже, отводится тепло, причем происходит охлаждение до 100 - 180°C. При этой температуре охлажденный отходящий газ поступает по трубопроводу 11 в электрофильтр 12.

В электрофильтре 12 осаждаются только часть пылевидной летучей золы и частиц твердого вещества таким образом, что по трубопроводу 14 из электрофильтра 12

отводится поток отходящего газа, имеющий еще содержание твердых частиц, около  $36 \text{ г/м}^3$ , что соответствует производительности обеспыливания 10. Твердое вещество, выносимое с газовым потоком из электрофильтра 12, обогащено  $\text{CaO}$ , а в то время как частицы твердого вещества, осаждаемые в электрофильтре 12, состоят по большей части из безводного  $\text{CaSO}_4$  и пылевидной летучей золы. Этот продукт реакции отводится по трубопроводу 13 и может применяться, вследствие своего высокого содержания  $\text{CaSO}_4$ , в качестве добавки для строительного материала. Электрофильтр 12, таким образом, имеет назначение отделять из циркуляционного контура абсорбционное средство, загрязненное вредными газообразными веществами, часть пылевидной летучей золы, в то время как неиспользованное абсорбционное средство и абсорбционное средство, образованное в верхней камере 22 котла, подводится в циркуляционный контур. Это достигается за счет того, что электрофильтр 12 работает со сравнительно низкой производительностью обеспыливания, не типичной для него.

Если электрофильтр 12 заменить на инерционный отделитель, он берет на себя вынос продуктов реакции. Инерционный отделитель выполнен предпочтительно в виде циклона или отражательного отделителя и может располагаться либо в верхней части 22 котла или включаться после верхней части 22 котла, причем это зависит лишь от того, что инерционный отделитель работает в диапазоне температур от  $100$  до  $700^\circ\text{C}$ . Инерционный отделитель также работает с невысокой производительностью отделения.

Поток отходящего газа, содержащий твердое вещество, подводится по трубопроводу 14, вводится в реактор 8 с псевдоожиженным слоем ниже колосниковой решетки 23. К этому потоку отходящего газа по трубопроводу 16 из накопительной емкости 15 подводится  $\text{Ca(OH)}_2$  со средним размером частиц от  $3$  до  $4 \text{ мкм}$ , в количестве  $1,3 \text{ г/м}^3$ . Выше колосниковой решетки 23, по трубопроводу 17, в реактор 8 с псевдоожиженным слоем подводится от 90 до 95% частиц твердого вещества, которые осаждаются на первых полках электрофильтра 7 по трубопроводу 8, входящему в сопло в реактор 8. В псевдоожиженном слое, подводится вода, благодаря чему в реакторе 8 с псевдоожиженным слоем устанавливается температура около  $65 - 70^\circ\text{C}$ . Эта температура лежит приблизительно на  $15 - 20^\circ\text{C}$  выше точки росы отработавшего газа. В реакторе 8 с псевдоожиженным слоем скорость газа составляет около  $3 - 5 \text{ м/с}$ , а среднее время обработки частиц твердого вещества составляет около 60 мин. Средняя нагрузка твердым веществом реактора 8 с псевдоожиженным слоем составляет около  $6 \text{ кг/м}^3$ . Газообразные вредные вещества  $\text{SO}_2$  и  $\text{HCl}$ , по большей части, связываются в реакторе 8 с псевдоожиженным слоем мелкозернистым реактивным абсорбционным средством. Благодаря подводу, согласно изобретению, частиц твердого вещества и воды в реакторе 8 с псевдоожиженным слоем предотвращаются пригары, а спекание твердых веществ не настолько велико, чтобы

могли возникнуть нарушения в работе.

Поток отходящего газа, содержащий твердые вещества, выходит из реактора 8 с псевдоожиженным слоем по трубопроводу 19 и поступает в отделитель 7, выполненный в виде электрофильтра с несколькими полями. Этот электрофильтр работает с высокой производительностью обеспыливания, благодаря чему по трубопроводу 20 для очищенного газа выходит поток газа, очищенного в электрофильтре 7, с содержанием пыли лишь  $< 30 \text{ мг/м}^3$ . У очищенного газа содержание  $\text{SO}_2 < 50 \text{ мг/м}^3$  и содержание  $\text{HCl} < 5 \text{ мг/м}^3$ . После отделения  $\text{NO}$  он без дальнейших мероприятий по очистке может выбрасываться в атмосферу. Твердые вещества, осаждаемые на первых полках очистки электрофильтра 7, подаются по трубопроводам 17а и 17б к возвратному трубопроводу 17. От 92 до 95% твердых веществ, подаваемых в возвратный трубопровод 17, снова попадают в реактор 8 с псевдоожиженным слоем, в то время как остальные твердые вещества подводятся по трубопроводу 6 в верхнюю камеру 22 котла. Частицы твердого вещества, осаждаемые на последнем электрофильтре 7, выводятся по трубопроводу 21. Если эти твердые вещества имеют высокое содержание углерода, они могут подводиться к камере сгорания 3, кроме того, они могут складываться в хранилище или смешиваться с продуктами сгорания, которые отводятся из электрофильтра 12 по трубопроводу 13.

#### Формула изобретения:

1. Способ сухого обеспыливания отработавшего газа, при котором отработавший газ, выделяющийся в камере сгорания (3) и загрязненный летучей золой, вредными газообразными веществами и возвращенными частицами твердого вещества, частично обеспыливают в первом отделителе (12) твердых веществ, затем отработавший газ направляют в реактор (8) с псевдоожиженным слоем, причем к отработавшему газу подают, по меньшей мере, одно абсорбционное средство  $\text{CaO}$  или  $\text{Ca(OH)}_2$  и в реакторе с псевдоожиженным слоем путем добавления воды (18) устанавливают температуру  $50 - 90^\circ\text{C}$ , затем отработавший газ, содержащий твердые вещества, отводят из реактора (8) с псевдоожиженным слоем и направляют во второй отделитель (7) твердых веществ, при этом первую часть твердых веществ, отделенных во втором отделителе (7), направляют в реактор (8) с псевдоожиженным слоем, а вторую часть твердых веществ, отделенных во втором отделителе (7), возвращают в охлаждающую зону (22) камеры сгорания и по трубопроводу (13) удаляют из цикла твердые вещества, отделенные в первом отделителе (12), отличающийся тем, что перед обеспыливанием отработавшего газа его сначала пропускают через охлажденную зону (22) с температурой  $850 - 1050^\circ\text{C}$ , затем отработавший газ охлаждают до более низкой температуры и охлаждающий отработавший газ обеспыливают при температуре в диапазоне  $100 - 700^\circ\text{C}$ , при этом отработавший газ отводят из отделителя (12) с содержанием твердого вещества  $5 - 40 \text{ г/м}^3$ .

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что первый отделитель (12) представляет собой электрофильтр, в котором устанавливается температура 100 - 180°C.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что реактор (8) с псевдоожиженным слоем имеет колосниковую решетку (23), при этом абсорбирующее средство вводят под колосниковую решетку (23), возвращаемые из второго отделителя (7) твердые вещества вводят под колосниковую решетку или над ней, а воду подают в реактор с псевдоожиженным слоем над колосниковой решеткой.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что в охлажденную зону (22) камеры сгорания вводят  $\text{CaCO}_3$ .

5. Способ по п.1, отличающийся тем, что в качестве второго отделителя (7) применяют электрофильтр с несколькими полями и отделяемые в последнем поле электрофильтра твердые вещества отводят из циркуляционного контура.

6. Способ по п.1, отличающийся тем, что в качестве второго отделителя (7) применяют рукавный фильтр, причем фильтровальный осадок имеет содержание  $\text{CaO}$  и/или  $\text{Ca(OH)}_2$  2 - 5 вес. %.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

-7-